

## SERA GAZI EMİSYONLARININ İZLENMESİ, HESAPLANMASI VE RAPORLANMASI; DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ

Vildan GÜNDOĞDU<sup>(\*)</sup>, Turgut ELİÇORA, Pınar DİKMELİK

Gündoğdu Çevre Müh.Dan.Ltd.Şti.,Alsancak/İzmir

### ÖZET

Sera gazı emisyonlarının izlenmesi, doğrulanması ve raporlanması amacı ile 25.04.2012 tarih ve 28274 sayılı Resmi Gazete de "SERA GAZI EMİSYONLARININ TAKİBİ HAKKINDA YÖNETMELİK" yayınlanmıştır.

Bu yönetmelik kapsamında olan işletmeler her bir tesis için, "Sera gazı emisyon izleme plânı" ve "Sera Gazı Emisyon Raporu" hazırlamakla ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na sunmakla yükümlüdür.

Sera Gazı İzleme Planının ve Sera Gazı Emisyon Raporunun asgari içeriği ve gereklilikler ise, 22.07.2014 tarih ve 29068 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan "Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ" ile belirlenmiştir.

İşletmeler, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik gereği, 2014 Eylül ayında "Sera Gazı İzleme Planları" oluşturmuş ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından onaylanmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından onaylı izleme planları çerçevesinde, 2015 yılı boyunca izlenen sera gazı emisyonları, 2016 Nisan ayına kadar raporlanmalıdır. Buna göre hazırlanacak sera gazı emisyon raporları, öncelikle akredite kuruluşlar tarafından doğrulanarak, ardından Çevre ve Şehircilik Bakanlığına sunulması gerekmektedir.

Bu sözlü sunuda, Sera Gazlarının izleme planı oluşturulması, hesaplanması ve raporlanması ile ilgili detaylı bilgiler, örnek bir tesis uygulaması üzerinden detaylandırılmaktadır.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Sera Gazı Emisyonları, plan, izleme, hesaplama, raporlama

### ABSTRACT

Regulation about greenhouse gas emission monitoring was published with the aim of following, monitoring and verifying in the official gazette on the date of 25.04.2012 with the law no. 28274.

\* vildangundogdu@yahoo.com

Business organizations within this content of regulation are responsible for preparing and presenting “Greenhouse Gas Emissions Monitoring Plan” and “Greenhouse Gas Emissions Report” for each of plants to Ministry of Environment and Urbanization.

Minimum content and necessities of Greenhouse Gas Monitoring Plan and Greenhouse Gas Emissions Report were designated with the “Notification about Greenhouse Gas Emission Monitoring and Reporting” published in Official Gazette on the date of 22.07.2014 and with the law no. 29068.

Business Operations established “Greenhouse Gas Monitoring Plans” as required by the law of Regulations about Greenhouse Gas Emission Proceedings on September, 2014 and was approved by Ministry of Environment And Urbanization.

Greenhouse Gas Emission within the frame of Monitoring Plans confirmed by Ministry of Environment And Urbanization should be reported until the date of April,2016. Greenhouse Gas Emission Reports prepared according to this law should be confirmed firstly by accredited institutions and then presented to Ministry of Environment And Urbanization. Detailed information about Greenhouse Gas Emission Plans, Verifying and Calculations of Greenhouse Gas Emission and Model Plant Implementations should be mentioned.

## 1. GİRİŞ

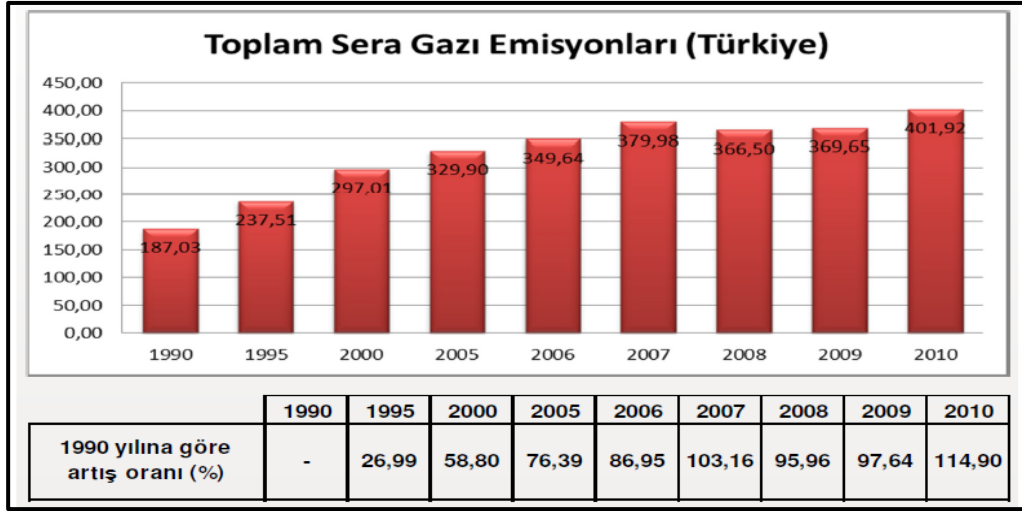
Dünya nüfusu, yaşam standartları, tüketim arttıkça doğal kaynaklar azalıyor. 20. yüzyılda dünyada ekonomik büyüklük 23 kat, nüfus ise 4 kat arttı.

Dünyadaki nüfusun kontrol edilemez bir şekilde artması ile birlikte enerji ihtiyacının ve tüketim talebinin karşılanabilmesi için fosil yakıtların tüketimi katlanarak artmıştır. Son 100 yılda fosil yakıt(kömür, doğal gaz, petrol vb) tüketiminde 12, su tüketiminde 9 ve maden tüketiminde 8 kat artış gerçekleşmiştir. Küresel su tüketiminin önümüzdeki 10 yılda, gelişmekte olan ekonomilerde %50, gelişmiş ekonomilerdeyse %18 oranında artması bekleniyor.

Fosil yakıtların kullanılması sonucu atmosfere saldıığımız Sera Gazları makro ölçekteki dengeleri etkileyerek küresel ısınma ve beraberinde iklim değişikliklerine yol açmıştır. Amerikan Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), uydulardan elde ettiği veriler doğrultusunda yaptığı çalışmada, dünya çapında deniz seviyesinin önümüzdeki 100 yılda, en az bir metre yükseleceğini ortaya koymaktadır.

Bu etkilerin sonuçları ortaya çıkmaya başladıktan sonra gezegenin geleceğini düşünen ülkeler bir çözüm arayışına girmiş ve nihayetinde Kyoto Protokolü süreci başlamıştır. Kyoto süreciyle birlikte bütün dünyada sera gazlarının azaltılması yönünde faaliyetler yürütülmeye başlanmış ve toplumsal bir farkındalık yaratılmaya çalışılmıştır.

## 2. TÜRKİYE'DE DURUM



Şekil 1. Türkiye'deki toplam sera gazı emisyonları

Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, 17 Mayıs 2014 tarihli ve 29003 sayılı Resmî Gazete ile yayımlanmış, Yönetmelik kapsamını detaylandıran Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ (İ&R Tebliği) ise 22 Temmuz 2014 tarihli ve 29068 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Ayrıca, Bakanlık, Yönetmelik ve Tebliğ çerçevesinde izleme planlarını hazırlamak isteyen işletmelere kolaylık sağlamak amacı ile izleme planı şablonunu 09 Temmuz 2014 tarihinde yayımlanmıştır.

Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Hakkında Yönetmeliğin (Yönetmelik) EK-1'i kapsamında bulunan işletmelerin, sera gazı emisyonlarını şeffaf ve doğrulanabilecek bir şekilde izlenebilmesi için İzleme Planları oluşturulması istenmiştir. Şekil 2.'de 2014 yılı sera gazı emisyonlarının izlenmesine ait zaman çizelgesi gösterilmektedir.

Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan tesisler;

- Petrol rafinasyonu, kok üretimi, birincil alüminyum üretimi, metal cevheri, amonyak üretimi gibi Yönetmelik Ek-1 listesinde yer alan faaliyetler, herhangi bir eşik değerine dayanmadan koşulsuz yönetmelik kapsamında yer almaktadır. Yönetmelik Ek-1 faaliyetleri Tablo 1.'de verilmektedir.
- Pik demir ve çelik, klinker, kireç, cam, seramik ürünleri, mineral elyaf yalıtım malzemesi, kağıt mukavva karton üretimi, organik kimyasal madde üretimi gibi bazı faaliyetler eşik değerine dayanarak ( günlük kapasite yanma ısıl gücü ) yönetmelik kapsamında yer almaktadır.
- Faaliyet türüne bakılmaksızın, tesiste anma ısıl gücü 20 MW ve üzeri tesisler de Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik kapsamında yer almaktadır.

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015  
7-9 Ekim 2015, İZMİR

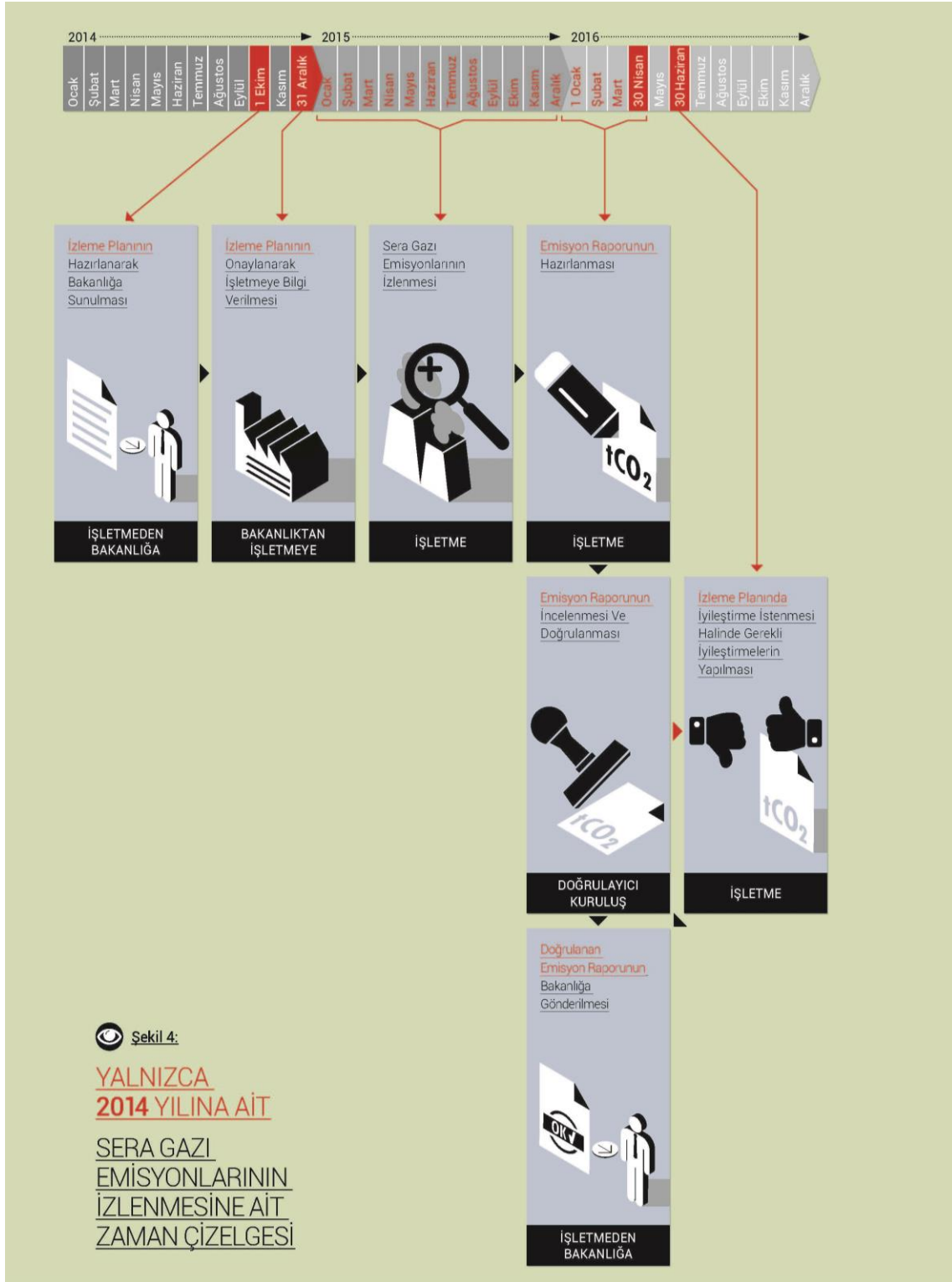
**Tablo 1. Yönetmelik Ek-1 faaliyetleri**

Koşulsuz <sup>1</sup>		Koşullu <sup>2</sup>				
		Günlük Kapasiteye Göre			Anma Isıl Gücü 20MW ve Üzeri Tesislerde	
Karbondiyoksit (CO <sub>2</sub> ) emisyonu	PF	Petrol rafinasyonu	Pik demir ve çelik	2.5 ton+	Kapasitesi 2,5 ton/saat ve üzeri, sürekli döküm de dahil olmak üzere, pik demir ve çelik üretimi (birincil ve ikincil ergitme)	Yakıtların yakılması. (tehlikeli veya evsel atıkların yakılması hariç)
		Kok üretimi	Klinker	500 ton ± 50 ton+	Günlük kapasitesi 500 ton ve üzeri döner fırınlarda veya günlük kapasitesi 50 tonu aşan diğer ocaklarda klinker üretimi	Demir içeren metallerin (demirli alaşımlar dahil) üretimi veya işlenmesi işleme; haddeleme, yeniden ısıtma, tay fırınları, metal işleme, dökümhaneler, kaplama ve dekapajı da ihtiva eder
		Metal cevheri (sülfür cevheri dahil) kavrulması, sinterlenmesi veya peletlenmesi	Kireç	50 ton+	Günlük kapasitesi 50 ton ve üzeri döner fırınlarda veya diğer ocaklarda kireç üretimi veya dolomit veya magnezitin kalsinasyonu	
		Odundan veya diğer lifli malzemelerden selüloz üretimi	Cam	20 ton+	Günlük ergitme kapasitesi 20 ton ve üzeri cam elyafı da dahil olmak üzere cam üretimi	
		Amonyak üretimi	Seramik ürünleri	75 ton+	Günlük üretim kapasitesi 75 ton ve üzeri, özellikle çatı kiremitleri, tuğlalar, refrakter tuğlalar, karolar, taş ürünler veya porselen olmak üzere, pişirme ile seramik ürünlerin üretimi	İkincil alüminyum üretimi
		Soda külü (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) ve sodyum bikarbonat (NaHCO <sub>3</sub> ) üretimi	Mineral elyaf yalıtım malzemesi	20 ton+	Günlük ergitme kapasitesi 20 ton ve üzeri, cam, taş veya çürük kullanılarak mineral elyaf yalıtım malzemesi üretimi	Yakma üniteleri kullanılarak alaşımların üretimi, rafine edilmesi, dökümhane dökümü, vb. dahil olmak üzere demir dışı metallerin üretimi veya işlenmesi
	Birincil alüminyum üretimi	Kağıt, mukavva, karton	20 ton+	Günlük üretim kapasitesi 20 ton ve üzeri, kâğıt, mukavva veya karton üretimi		
	Nitrozoksit (N <sub>2</sub> O) emisyonu	Nitrik asit üretimi	Büyük hacimli organik kimyasal maddeler	100 ton+	Günlük üretim kapasitesi 100 ton ve üzeri kriting, reforming, kısmi veya tam yükseltgenme veya benzeri işlemler ile büyük hacimli organik kimyasal maddelerin üretimi	Alçı taşının kurutulması, kalsinasyonu veya alçı panoların ve diğer alçı taşı ürünlerinin üretimi
		Adipik asit üretimi	Hidrojen (H <sub>2</sub> ) ve sentez gazı	25 ton+	Günlük üretim kapasitesi 25 ton ve üzeri, reforming veya kısmi yükseltgenme ile hidrojen (H <sub>2</sub> ) ve sentez gazının üretimi	Petrol, katran, kriting ve damıtma kalıntıları gibi organik maddelerin karbonizasyonunu da içeren karbon siyahı üretimi
		Gliksal ve gliksilik asit üretimi				

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015  
7-9 Ekim 2015, İZMİR

KOŞULLU				
PETROL RAFİNASYONU  KOK ÜRETİMİ	PİK DEMİR VE ÇELİK	2.5 TON+	Kapasitesi 2,5 ton/saat ve üzeri, sürekli döküm de dâhil olmak üzere, pik demir ve çelik üretimi (birincil ve ikincil ergitme)	YAKITLARIN YAKILMASI. (TEHLİKELİ VEYA EVSEL ATIKLARIN YAKILMASI HARİÇ)
METALCEVHERİ (SÜLFÜR DÂHİL) KAVRULMA SİNERLENMESİ VEYA PELELENMESİ	KLİNKER	500 TON+ – 50 TON+	Günlük kapasitesi 500 ton ve üzeri döner fırınlarda veya günlük kapasitesi 50 tonu aşan diğer ocaklarda klinker üretimi	DEMİR İÇEREN METALLERİN (DEMİRLİ ALAŞIMLAR DÂHİL) ÜRETİMİ VEYA İŞLENMESİ İŞLEME; HADDELEME, YENİDEN ISITMA, TAV FIRINLARI, METAL İŞLEME, DÖKÜMHANELER, KAPLAMA VE DEKAPAJI DA İHTİVA EDER
ODUNDAN VEYA DİĞER MALZEMELERDEN SELÜLOZ ÜRETİMİ	KİREÇ	50 TON+	Günlük kapasitesi 50 ton ve üzeri döner fırınlarda veya diğer ocaklarda kireç üretimi veya dolomi- tin veya magnezitin kalsinasyonu	İKİNCİL ALÜMİNYUM ÜRETİMİ
AMONYAK ÜRETİMİ	CAM	20 TON+	Günlük ergitme kapasitesi 20 ton ve üzeri cam elyafı da dâhil olmak üzere cam üretimi	YAKMA ÜNİTELERİ KULLANILARAK ALAŞIMLARIN ÜRETİMİ, RAFİNE EDİLMESİ, DÖKÜMHANE DÖKÜMÜ, VB. DÂHİL OLMAK ÜZERE DEMİR DIŞI METALLERİN ÜRETİMİ VEYA İŞLETİLMESİ
SODA KÜLÜ (NA <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) VE SODYUM BİKARBONAT (NAHCO <sub>3</sub> ) ÜRETİMİ	SERAMİK ÜRÜNLERİ	75 TON+	Günlük üretim kapasitesi 75 ton ve üzeri, özellikle çatı kiremitleri, tuğlalar, refrakter tuğlalar, karo- lar, taş ürünler veya porselen olmak üzere, pişirme ile seramik ürünlerin üretimi	ALÇI, TAŞININ KULLANILMASI, KALSINASYONU VEYA ALÇI PANOLARIN VE DİĞER ALÇI TAŞI ÜRÜNLERİNİN ÜRETİMİ
BİRİNCİL ALÜMİNYUM ÜRETİMİ	MİNERAL ELYAF YALITIM MALZEMESİ	20 TON+	Günlük ergitme kapasitesi 20 ton ve üzeri, cam, taş veya cüruf kullanılarak mineral elyaf yalıtım malzemesi üretimi	PETROL, KATRAN, KRAKİNG VE HADDELEME KALINTILARI GİBİ ORGANİK MADDELERİN KARBONİZASYONUNU DA İÇEREN KARBON SİYAHİ ÜRETİMİ
NİTRİK ASİT ÜRETİMİ	KAĞIT, MUKAVVA, KARTON	20 TON+	Günlük üretim kapasitesi 20 ton ve üzeri, kâğıt, mukavva veya karton üretimi	
ADİPİK ASİT ÜRETİMİ	BÜYÜK HACİMLİ ORGANİK KİMYASAL MADDELER	100 TON+	Günlük üretim kapasitesi 100 ton ve üzeri krak- ing, reforming, kısmî veya tam yükseltgenme veya benzeri işlemler ile büyük hacimli organik kimyasal maddelerin üretimi	
GLİOKSAL VE GLİOKSİLİK ASİT ÜRETİMİ				

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015  
7-9 Ekim 2015, İZMİR

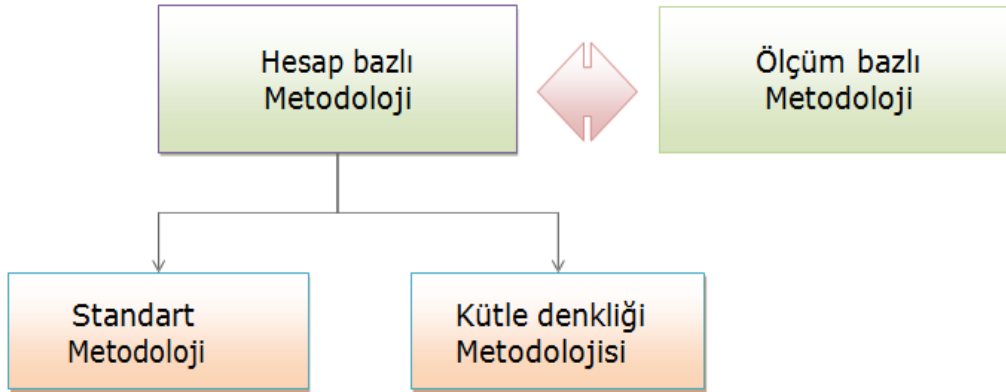


Şekil 2. 2014 yılı sera gazı emisyonlarının izlenmesine ait zaman çizelgesi

## 2. MATERYAL VE METOD

Sera Gazı Emisyonlarının belirlenmesi için kabul görmüş iki metot bulunmaktadır. Şekil 3. Sera gazı emisyonu belirleme metotlarını gösterilmektedir.

- Hesap Bazlı Metot
- Ölçüm Bazlı Metot

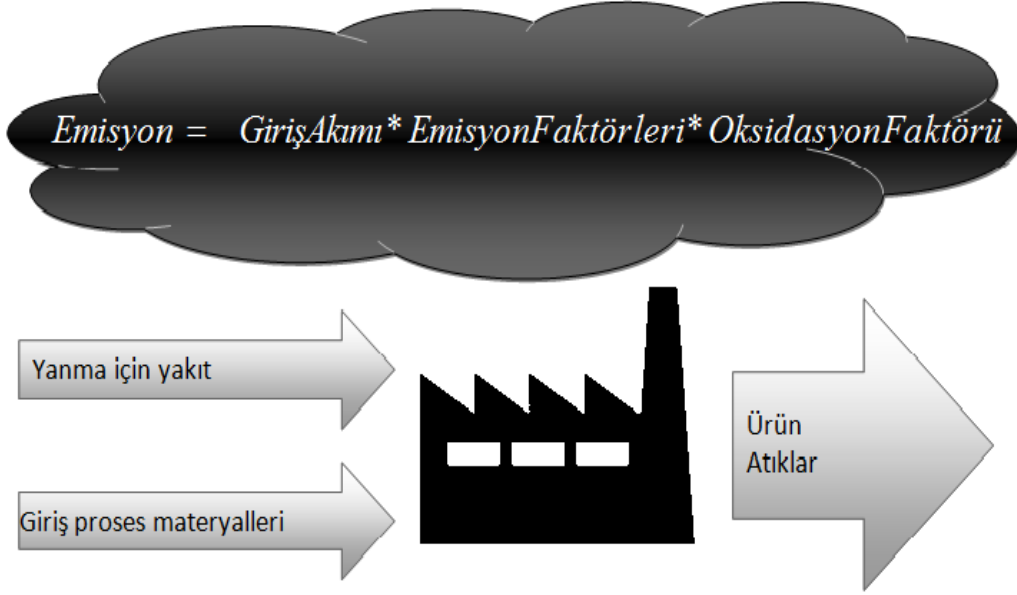


Şekil 3. Sera gazı emisyonu belirleme metodları

Bu metotlar proseslerin ve kaynak akışlarının karmaşıklığına göre bir tesis için ayrı ayrı ya da birlikte kullanılabilir. Tek bir kaynak akışı için yalnız bir metot tercih edilmelidir.

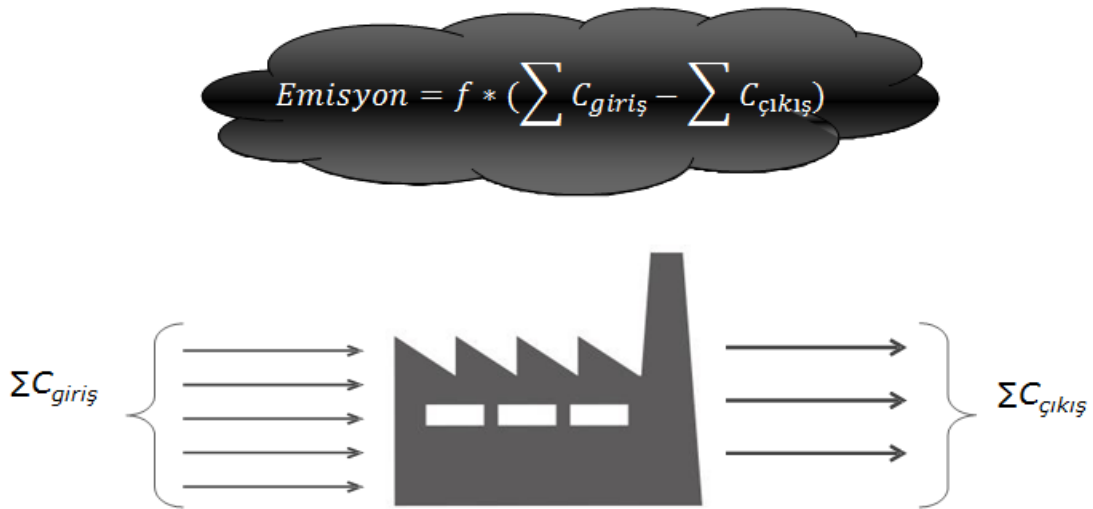
Sera gazlarının hesap temelli belirlenmesinde emisyon faktörlerine dayalı Standart Metodoloji yada girdi ve çıktılardaki karbon oranlarının denkleştirilmesine dayalı Kütle Dengesi Metodolojisi uygulanabilir.

Standart Metodoloji de IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından belirlenmiş ve bilimsel çalışmalar sonucu ortaya çıkartılmış olan sabit emisyon faktörleri kullanılmaktadır. Emisyon Faktörleri için yayınlanan kılavuzlarda farklı sera gazı kaynakları için faaliyet bazında emisyon faktörleri verilmektedir. Standart Metodolijide fosil yakıtların yanma reaksiyonu sonucu ne kadar sera gazı oluşturduğunu belirlemek için kütle, ısı güç, yoğunluk, verileri kullanılarak kaynak akış verileri belirlenir. Kaynak akış verileri emisyon faktörü ve oksidasyon faktörü ile çarpılarak sera gazı emisyonu hesap edilir. Şekil 4. Emisyon hesabı verilmektedir.



Şekil 4. Emisyon hesabı

Yanma reaksiyonunda birden fazla yakıt olması, fosil yakıtlar dışında sera gazı potansiyeli bulunan maddelerin reaksiyona girmesi, karmaşık ve büyük proseslerde emisyon faktörlerine dayalı hesaplama yönteminin kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu gibi durumlarda ilgili prosese giren ve çıkan karbon oranına bağlı olarak atmosfere salınan sera gazı miktarı hesaplanabilir. Bu metod kütle dengesi metodu olarak tanımlanır. Kütle dengesi metodunda tüm girdi ve çıktıların eksiksiz olarak tanımlanması ve karbon içeriklerinin doğru olarak belirlenmesi önemlidir. Giriş ve çıkış karbon miktarı arasındaki fark C-CO<sub>2</sub> dönüşümü yapılarak eşdeğer CO<sub>2</sub> cinsinden sera gazı miktarı Şekil 5. 'te gösterildiği gibi belirlenir.



Şekil 5. CO<sub>2</sub> cinsinden sera gazı hesabı

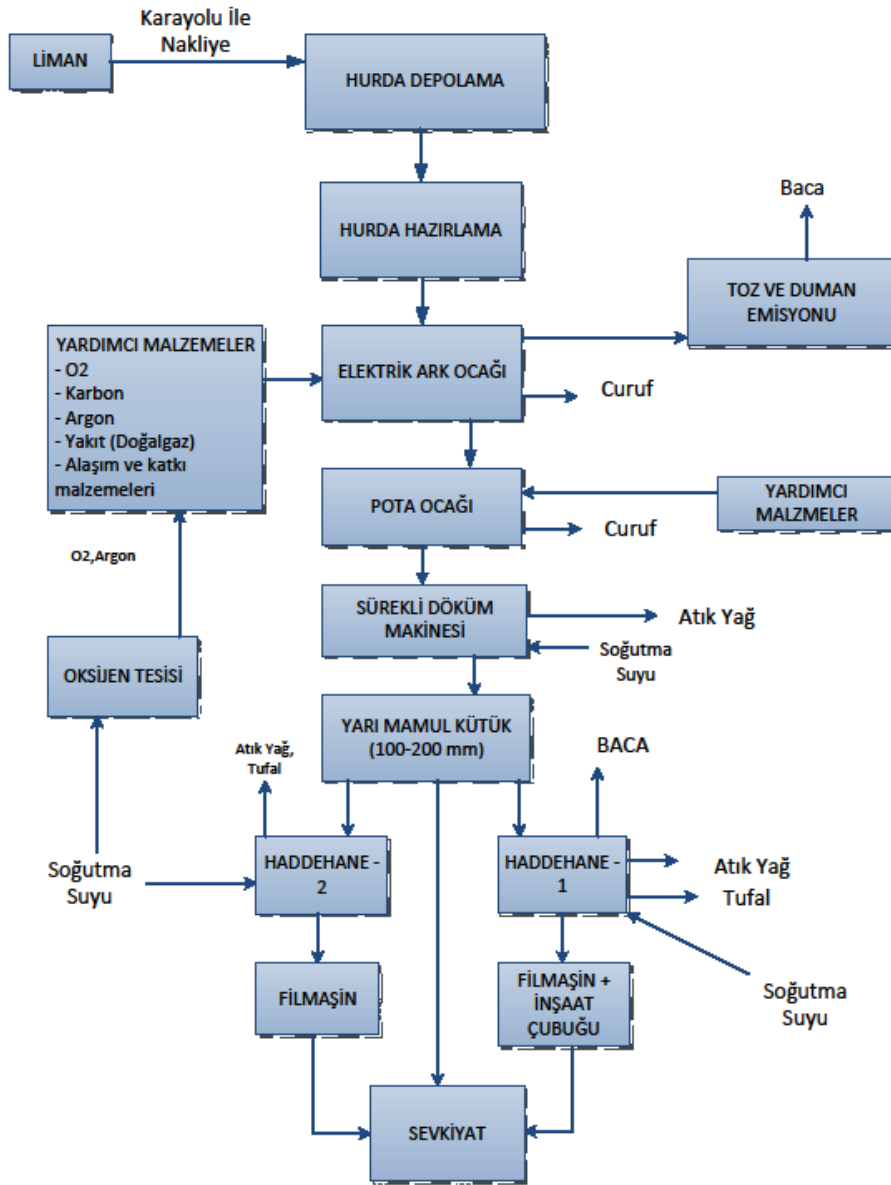


## Örnek Vaka Çalışması: Demir Çelik Sektörü

### Adım 1: Prosesin incelenmesi.

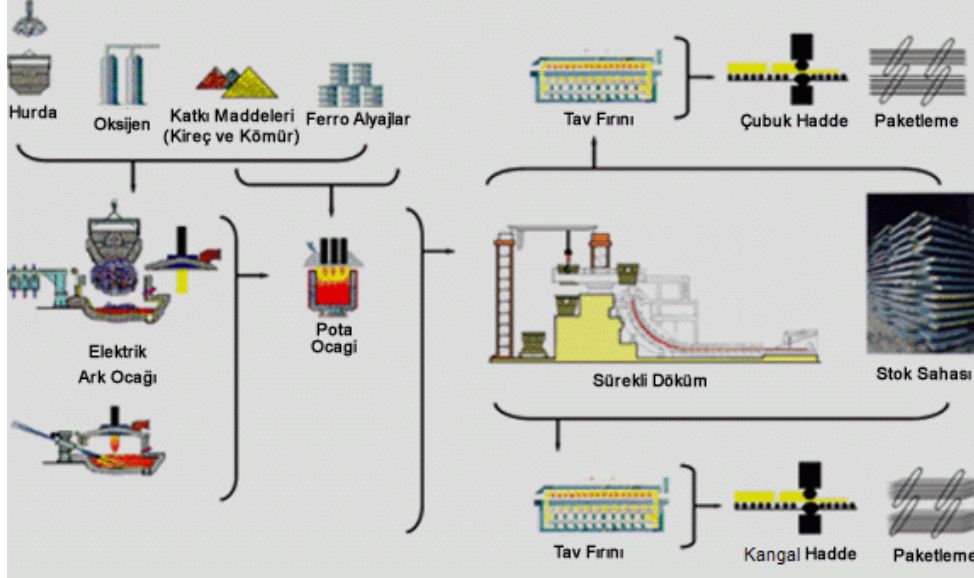
Demir Çelik Sektörü çimento sektöründen sonra enerji yoğunluğu en büyük sektördür. Hammadde ve yardımcı malzeme çeşitliliği bakımından çimento sektörüne göre çok daha karmaşık ve değişkenlik göstermektedir. Bu bakımdan sera gazı emisyonlarının belirlenmesi, kaynak akışlarının ve faaliyet verilerinin elde edilmesi oldukça zahmetli ve zordur.

Vaka çalışmasında Sera Gazı emisyonlarının belirlenmesi için yürütülen prosesler ve sera gazı kaynakları incelenmiştir. Bu çalışma için seçilen tesisin proses akışı Şekil 6. 'da verildiği şekildedir;



Şekil 6. Örnek tesisin proses akışı

Sera gazı emisyonlarının büyük miktarının olduğu tipik bir hurda çelik ergitme prosesinde gerçekleştirilen işlemler Şekil 7.'de verildiği şekildedir;



Şekil 7. Hurda çelik ergitme prosesinde gerçekleştirilen işlemler

**Elektrik Ark Ocağı (EAO).** Elektrik Ark Ocaklarına yüklenen hurdalar, elektrik enerjisiyle ve brülörlerden doğalgaz-oksijen karışımı verilerek suretiyle eritmeye başlanır. Şarj alma işlemi hurdaya bağlı olarak 3-4 kez tekrarlanır. Ergitme ve izabe aşamalarında toz karbon, kireç ve çeşitli ferro alaşım malzemeleri (SiMn, FeSiMn vb. ) sıvı çeliğe ilave edilir. Kimyasal kompozisyonu kabaca ayarlanmış ve sıcaklığı yaklaşık 1620 °C'ye getirilmiş sıvı çelik, döküm potasına alınır. Çelikhane ünitesinde ark ocaklarında oluşan toz ve gaz emisyonları doğrudan emiş ve davlumbaz hattı ile toz tutma ve filtrasyon sisteminden geçirilerek bacadan atmosfere verilir.

**Pota Ocağı.** Döküm potası içindeki sıvı çelik döküm vinci ile pota ocağına alınır. Elektrot kolları aşağı indirilip pota içindeki sıvı çeliğe daldırılarak ocak çalıştırılmaya başlanır. Sıvı çelik istenilen döküm sıcaklığına kadar ısıtılır ve istenilen kaliteyi sağlamak için mangan silis,v.b yardımcı malzemeler ilave edilerek kimyasal kompozisyonu tam olarak ayarlanır.

**Sürekli Döküm Makinası.** Pota ocağından çıkan sıvı çelik dolu pota sürekli döküm makinesine gönderilir, sıvı çelik sürgü sistemi yardımıyla tandişe boşaltılır. Tandiş içindeki sıvı çeliği nozulları vasıtasıyla bakır kalıpların içine boşaltan bir dağıtıcıdır.

Bakır kalıp içine dökülen sıvı çelik, dışında dolaştırılan su ile önce bakır kalıbı dolaylı olarak da sıvı çeliği soğutur. Bakır kalıpta başlayan soğutma işlemi, kalıptan çıkan kare kesitli malzeme yüzeylerine doğrudan su püskürtülmesi yoluyla etkin bir şekilde devam eder. Daha sonra atmosferik ortamda kendiliğinden soğuma sonucu katılaşma tamamlanır.

Bu işlemin ara verilmeden devamlı şekilde yapılması işlemine Sürekli Döküm denir. 3 aşamalı soğutma ( bakır kalıp içinde dolaylı soğutma, malzeme yüzeylerine doğrudan su püskürtülmesi ve havada soğuma ) sonucu üretilen malzemeye yarı mamül olan ÇELİK KÜTÜK adı verilir.

**Adım 2: Sera gazı kaynaklarının ve kaynak akışlarının belirlenmesi.** Sera gazı kaynakları doğrudan kaynaklar ve dolaylı kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Doğrudan emisyonlar tesis sınırları içerisinde gerçekleştirilen ve doğrudan faaliyetleri ile ilgili yürütülen işlemler sonucu ortaya çıkan çoğunlukla fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlardır. Dolaylı emisyonlar ise dışarıdan tedarik edilen elektrik enerjisi ve hizmetlerden kaynaklanan emisyonlar olarak nitelendirilmektedir. Sera Gazlarının Takibi Hakkında Yönetmelik kapsamında tesislerin tesis içi iş makineleri haricindeki doğrudan emisyonların takibi ve raporlanması istenmektedir.

Demir çelik sektöründe doğrudan emisyonlara bakıldığında en önemli girdinin doğalgaz ve karbon kömürü olduğu görülmektedir. Sera Gazı Emisyonlarının belirlenmesinde tercih edilecek metodun seçilmesi için öncelikli olarak tüm prosesler incelenmiş ve proses girdilerinin envanteri çıkartılmıştır. Örneğimizdeki tesiste kullanılan girdiler Tablo 2. 'de verilmiştir.

**Adım 3: Sera gazları belirleme metodunun seçilmesi.** Envanter neticesinde proses te göz önünde bulundurularak girdinin sera gazı yaratma potansiyeli incelenmiş ve hesaplama dahil edilip edilmeyeceği belirlenmiştir.

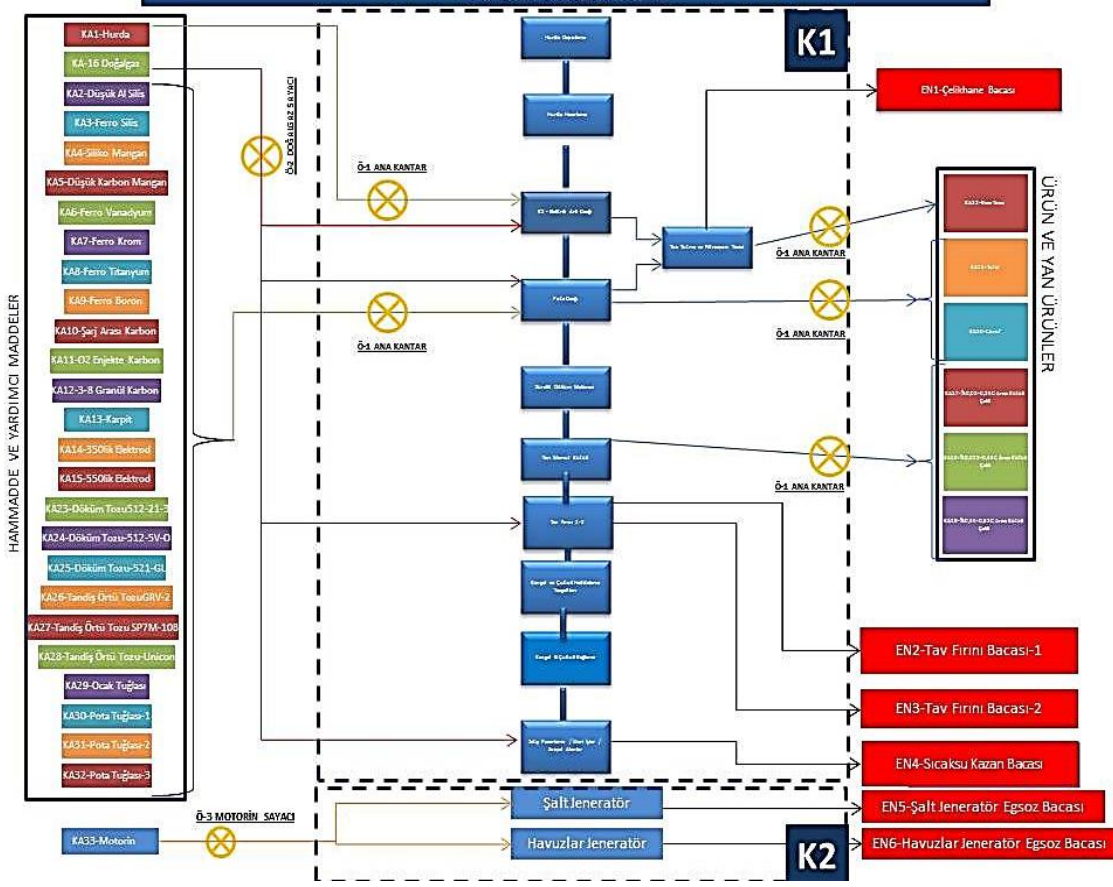
Demir çelik sektöründe proses girdilerinin karbon içeriklerinin yüksek oluşu ve doğrudan yakıt kaynağı olarak kullanılmaması nedeniyle sera gazı emisyonlarının belirlenmesi için metod seçiminde yanma reaksiyonundaki verim, ürün ve atık ilişkisi göz önünde bulundurulmuştur. Bu açıdan bakıldığında fosil yakıtlar için belirlenmiş uluslararası EMİSYON FAKTÖRLERİNE dayalı hesaplama metodlarının sağlıklı olmayacağı açıkça görülmektedir. Bu bakımdan sektör örneğinde Sera Gazı Emisyonlarının belirlenmesi için KÜTLE DENGESİ prensibinde dayalı hesaplama metodu tercih edilmiştir.

**Adım 4: Kütle dengesi metodu kütle balans diyagramının oluşturulması.** Kütle Dengesine dayalı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı için tesisteki farklı sera gazı kaynakları incelenerek metod kapsamı belirlenmiştir. Sera Gazı Emisyon hesaplamalarına etki edecek tüm girdi ve çıktılar belirlenerek Kütle Dengesi Diyagramı oluşturulmuştur. Şekil 8. 'deki diyagram üzerinde hesaplamalarda ve izleme planında önemli rolleri olan Kaynak Akışları, Kaynak Akışı İzleme Ekipmanları, Emisyon Noktaları, Emisyon Kaynakları, Girdi ve Çıktılar işaretlenmiştir.

**Tablo 2.** Örnek tesiste kullanılan girdiler

Cins-özellik ve teknik adı
Hurda demir ve çelik
Ferro vanadyum
Ferro kalsiyum-silis
Ferro siliko-mangan
Ferro silis
Ferro boron
Ferro titanyum
Ferro kalsiyum-demir
Ferro krom
Ferro Mangan
Rekarbon (karbon granül)
Karpit
Ark ocağı için elektrod
Pota ocağı elektrodu
Ocak tuğlası
Pota tuğlaları
Dolamitik Kireç
Granül Kireç
Delik kumu
Nozul kumu
Fluşpat (kükürt giderme malzemesi)
Enjeksiyon karbonu
Şarj karbonu
Motorin
Flaxlar (accutherm tandış ölçme, glutin 25 pota örtü malzemesi, desülfat 70/30, SDF, karpit,çelik,alümina içerikli tozlar,manyetik içerikli tozlar v.b.)
Doğal gaz
Accutherm St-SP 512 - 21 - 3
Accutherm St-SP 512 SV-0
Accutherm St-SP 521 -GL-1
Accutherm St-SP GRV-2
Accutherm St-SP / M 10 B

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015  
7-9 Ekim 2015, İZMİR



Şekil 8. Kütle Dengesi Metodu Kütle Balans Diyagramı

Adım 5: Kütle dengesi metoduna göre sera gazı emisyon hesabı

Tablo 3. Kütle dengesi metoduna göre sera gazı emisyon hesabı

Kaynak Konumu	Kaynak Sınıfı	Kaynak Akışı	Faaliyet Verisi	Birim	Faaliyet Verisi Kaynağı	Faaliyet Belirsizlik Oranı (%)	Karbon Oranı (%)	Karbon İçeriği Referansı	Kaynak Akışı Emisyon Değeri
Girdi	Hurda	Hurda Demir Ve Çelik	114.623.650	Kg	Tesis Kantarı	0,1	0,17	Tesis Laboratuvarı	714
		Düşük Al Silis	151.010	Kg	Tesis Kantarı	0,1	0,05	Akredite Lab. (Liman Lab.)	0,3
	Alaşımalar	Ferro Silis	587.129	Kg	Tesis Kantarı	0,1	0,2	Akredite Lab. (Liman Lab.)	4
		Siliko Manganez	2.298.670	Kg	Tesis Kantarı	0,1	2	Akredite Lab. (Liman Lab.)	168
		Düşük Karbon Manganez	241.427	Kg	Tesis Kantarı	0,1	2	Akredite Lab. (Liman Lab.)	18

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015  
7-9 Ekim 2015, İZMİR

Kaynak Konumu	Akışı	Kaynak Akışı	Faaliyet Verisi	Birim	Faaliyet Verisi Kaynağı	Faaliyet Verisi Belirsizlik Oranı (%)	Karbon Oranı (%)	Karbon İçeriği Referansı	Kaynak Emisyon Akışı Değeri
		Ferro Vanadyum	9.800	Kg	Tesis Kantarı	0,1	0,2	Akredite Lab. (Liman Lab.)	0,1
		Ferro Krom	8.144	Kg	Tesis Kantarı	0,1	7	Akredite Lab. (Liman Lab.)	2,1
		Ferro Titanyum	6.100	Kg	Tesis Kantarı	0,1	0,3	Akredite Lab. (Liman Lab.)	0,1
		Ferro Boron	93.183	Kg	Tesis Kantarı	0,1	0,5	Akredite Lab. (Liman Lab.)	1,7
	Karbon İçerikli Diğer Girdiler	Şarz Arası Carbon	1.515.889	Kg	Tesis Kantarı	0,1	88	Akredite Lab. (Liman Lab.)	4.888
		02 Enjekte Carbon	5.044.213	Kg	Tesis Kantarı	0,1	88	Akredite Lab. (Liman Lab.)	16.264
		3-8 Granül Karbon	247.047	Kg	Tesis Kantarı	0,1	88	Akredite Lab. (Liman Lab.)	797
		Karpit	51.337	Kg	Tesis Kantarı	0,1	27	Tedarikçi MSDS stokiyometrik denklem	51
		350 Lik Elektrod	141.882	Kg	Tesis Kantarı	0,1	99	Tedarikçi Spesifikasyonu	515
		550 Lik Elektrod	467.123	Kg	Tesis Kantarı	0,1	99	Tedarikçi Spesifikasyonu	1.694
		Döküm Tozu - 512-21-3	620	Kg	Tesis Kantarı	0,1	21	Tedarikçi Spesifikasyonu	0
		Döküm Tozu - 512sv-O	3.203	Kg	Tesis Kantarı	0,1	15	Tedarikçi Spesifikasyonu	2
		Döküm Tozu - 521-G1	1.853	Kg	Tesis Kantarı	0,1	20	Tedarikçi Spesifikasyonu	1
		Tandış Örtü Tozu - Grv-2	5.100	Kg	Tesis Kantarı	0,1	17	Tedarikçi Spesifikasyonu	3
		Tandış Örtü Tozu - Sp7m-10b	1.510	Kg	Tesis Kantarı	0,1	9	Tedarikçi Spesifikasyonu	0
		Tandış Örtü Tozu - Unicon	58.313	Kg	Tesis Kantarı	0,1	1	Tedarikçi Spesifikasyonu	2
		Ocak Tuğlası	119.725	Kg	Tesis Kantarı	0,1	15	Tedarikçi Spesifikasyonu	66
		Pota Tuğlası - 1	143.423	Kg	Tesis Kantarı	0,1	15	Tedarikçi Spesifikasyonu	79
		Pota Tuğlası - 2	1.464	Kg	Tesis Kantarı	0,1	8	Tedarikçi Spesifikasyonu	0

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015  
7-9 Ekim 2015, İZMİR

Kaynak Konumu	Akışı Sınıfı	Kaynak Akışı	Faaliyet Verisi	Birim	Faaliyet Verisi Kaynağı	Faaliyet Belirsizlik Oranı (%)	Karbon Oranı (%)	Karbon İçeriği Referansı	Kaynak Emisyon Değeri
		Pota Tuğlası - 3	352.849	Kg	Tesis Kantarı	0,1	4	Tedarikçi Spesifikasyonu	52
	Yakıt	Doğal Gaz	8.937.474	sm3	Botaş Sayacı	1	74	Botaş Verileri	18.417
								TOPLAM KARBON GİRDİSİ	43.740
Çıktı	Ürün	%0.05c-0.24c Arası Kütük Çelik	262.245	Ton	Tesis Kantarı	0,1	0,15	Tesis Laboratuvarı	1.441
		%0.25c-0.43c Arası Kütük Çelik	24.457	Ton	Tesis Kantarı	0,1	0,35	Tesis Laboratuvarı	314
		%0.44c-0.85c Arası Kütük Çelik	5.180	Ton	Tesis Kantarı	0,1	0,6	Tesis Laboratuvarı	114
	Atık	Curuf	53.502	Ton	Tesis Kantarı	0,1	0,82	Akredite Lab. (Boğaziçi Üniv.)	1.607
		Tufal	2.376	Ton	Tesis Kantarı	0,1	0,29	Akredite Lab. (KOÜ)	25
		Baca Tozu	6.134	Ton	Tesis Kantarı	0,1	1,41	Befesa Analiz (Alfred H.Night)	317
								TOPLAM KARBON ÇIKTISI	3.818
							FARK KARBON	39.922	

### 3. SONUÇLAR

#### 3.1. Demir Çelik sektöründe sera gazı emisyonlarının hesaplanması

Demir çelik sektöründe sera gazı kaynakları bakımından kullanılan hammaddelerin birçoğunun karbon içeriğinin bulunduğu görülmektedir. Ayrıca çelik alaşımlarında kalite bakımından karbon içeriğinin bulunması istenmektedir. Bunun için ergitme ocaklarında doğrudan karbon şarjı gerçekleştirilmektedir. Ergitme proseslerinde gerçekleşen yanma reaksiyonlarının analizlenmesi bir çok faktöre bağlı olduğundan standart bir yaklaşımla

emiyon faktörü oluşturulması mümkün olmamaktadır. Bu bakımdan demir çelik sektöründe sera gazı emisyonlarının belirlenmesinde kütle dengesi metodu en yaklaşımcı methodur.

### 3.2. Kaynak akışlarının izlenmesi ve veri kontrolü

Kütle dengesi metodunda kullanılan hammadde, yardımcı madde, atıklar, ürün ve yan ürünler gibi tüm girdi ve çıktıların miktar bilgileri ile karbon içerik bilgileri sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında önemli rol oynamaktadır. Ölçüm sistemlerinin nispeten hata oranlarının düşük olması ve kalibrasyon imkanlarının bulunuşu sera gazı emisyonlarının hesaplamalarındaki en büyük belirsizlik nedeninin girdi ve çıktı içerisindeki karbon oranlarının belirlenmesi olarak ortaya çıkmaktadır.

### 3.3. Sera gazı emisyonlarının belirlenmesinin önemi

Bir kuruluştaki sera gazı emisyonları çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkıyor olabilir. Fosil yakıtların yanı sıra proses gereği hammadde ve yardımcı madde kaynaklı sera gazı emisyonları kimi zaman fosil yakıtların önüne geçebilmektedir. İşletmelerdeki enerji verimliliği çalışmaları doğrudan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmalardandır, ancak bu çalışmaları demir çelik sektörü için enerji odaklı sınırlandırmak sera gazı emisyonlarının azaltılmasında yeterli bir mücadele yöntemi değildir. Sera gazı emisyon kaynaklarının belirlenmesi mücadele araçlarına karar vermek açısından önemlidir. Proses verimliliği, hammadde ve yardımcı madde alternatiflerinin değerlendirilmesi, GMP (iyi üretim uygulamaları), geri kazanım, yeniden kullanma gibi araçlar sera gazı emisyonlarının azaltılmasında çok daha etkili yöntemler olabilir.

## 4. (SONUÇLARIN) DEĞERLENDİRİLMESİ

İklim değişikliği ile mücadele yöntemlerinin en başında, sağlıklı veriye ulaşmak, envanter çalışması ve sürekliliği gelmektedir. İklim değişikliğine hangi faaliyetlerimizle ne kadar katkımız olduğunu belirlemek ve sera gazı emisyonlarımızı izlemek gerekliliktir. Sonraki adım ise kullanacağımız metodolojiyi belirlemek ve sera gazı emisyonlarımızın analizlenmesidir. Yani Sera gazı emisyonlarımızın azaltılması için nereye odaklanmalıyız, en zayıf halkamız neresi bunu belirlemek ve ona yönelik önlemleri ve aksiyonları almaktır. Enerjinin korunumu ve verimli kullanımı karbon emisyonlarının azaltılabilmesi için majör faktörlerden biridir. Günümüz teknolojisinde proses ve enerji verimliliği için bir çok yeni imkan vardır. Örnek olarak günümüzde kullanılan elektrik motorları 20 yıl önceki motorlara göre % 40 daha verimlidir. İklim değişikliği ile mücadele için endüstride zorunlu bir verimlilik devrimi kaçınılmazdır. Uluslararası literatürde Best Available Technology (BAT) olarak geçen, ülkemizde ise en iyi uygulama teknikleri olarak tanımlanan endüstriyel uygulamalar, oldukça yüksek maliyetli çözümlerdir.

## 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Dünya, sera gazı emisyonlarının azaltımı konusunda çalışmalarını sürdürmekte, aynı zamanda da yeni piyasa temelli ticari mekanizmalar geliştirmektedir. Emisyon azaltımı konusunda alınan önlemlere ek olarak bazı hedefler konularak ekonomik faktörlere geçilmekte; Bu bağlamda karbonu fiyatlandırmak, ticarileştirmek gibi çalışmalar yürütülmekte. Peki Türkiye buna hazır mı? Bu ekonomik araçları kullanabilir mi? İşte bu soruların cevabını almak ve bu piyasadan yararlanabilmek adına ülkemizde de Dünya Bankası'nca desteklenen, "Karbon Piyasası Hazırlık Ortaklığı Projesi" (PMR ; Partnership For Marketing Readiness) çalışmaları



## 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

sürdürülmektedir. 2016 sonunda bitmesi planlanan projenin Türkiye'deki yürütücülüğünü Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İklim Dairesi yapmaktadır. Peki Türkiye neden PMR'a katıldı? Gelişmiş ve karbon piyasasında rol alan diğer ülkelerin aktif bilgi ve tecrübelerini paylaşmak, sera gazı emisyonlarını azaltım çalışmalarının etkin ve kolektif yürütülmesi, paydaşlar arasında iş birliği fırsatları ve bir uzman havuzunun oluşturulması gibi nedenlerden dolayı! En önemli sebebimiz ise dünyada karbon piyasasını şekillendiren ülkeler ile aynı masada oturmak ve onlarla söz hakkına sahip olmak. Yeni dönemde oluşturulacak olan projeler bu platformda tartışılarak kabul edilecek, bu nedenle bu konuda söz sahibi olmamız önemli! Bu amaçlar doğrultusunda yürütülen projede ise artık başlangıç aşaması olan pilot çalışmalar tamamlanmış, sera gazları izleme, raporlama ve doğrulama sistemi hayata geçirilmiş; raporlamaların hazırlanıp doğrulayıcı firmalara doğrulatıp, Bakanlığın onayına sunulma aşamasına gelinmiştir. Bakanlık bu aşamada 3 analitik raporu karbon danışman firmalara hazırlatmaktadır. Analitik rapor 1; sektör gözetmeden emisyon ticareti sisteminin kurulmasının analizlendiği bir çalışmayı; Analitik rapor 2; piyasa temelli mekanizmaların çalışmasını ve hangi sektörde hangi uygulamaların kullanılacağını; Analitik rapor 3 ise emisyon ticareti sisteminde seçilen senaryoların değerlendirilmesi, ekonomiyi nasıl etkileyeceği, sektörler arası etkileşimin nasıl olacağı vb. araştırmaların sonuçlanmasını ve bu sonuçların modelleme ile simülasyon çalışmalarını içermektedir.

Tüm çalışmaların sonunda bir sentez raporu ile PMR'a katkıda bulunan ve uygulayan bütün ülkelerin katılımlarıyla oluşan karar vericilere projeler sunulacak, böylece de Türkiye'nin karbon piyasasındaki yeri ve azaltım hedefleri belirlenecektir. Tabii bu azaltım hedefleri, bu örnekteki demir çelik gibi pekçok karbon salınımı olan sektörlerde de yansıtılacak, bu azaltım hedeflerini sağlayamayan sektörlerden En İyi Teknoloji Uygulamaları (MET'ler) talep edilecektir. Tabii bu maliyetlerin nereden karşılanacağı ayrı bir sorun oluşturmaktadır. Bu yıl sonunda Paris'te yapılacak zirvede konumuz açısından bu konu önem teşkil etmektedir.

### **KAYNAKLAR**

Demir çelik sektör raporu, sf.1-2, Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (DOĞAKA),2014

Elektrik Ark Ocaklı Demir Çelik Tesisleri için MET Kılavuzu, Proje TR-2008-IB-EN-03, Eşleştirme Projesi, IPPC-Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kasım2012, Sf19

Greenhouse Gas Protocol, Erişim,01.09.2015,<http://www.ghgprotocol.org/>

Gündoğdu, V.;Gazete Dokuz Eylül Köşe Yazısı, İzmir,2015.

Intergovernmental Panel on climate change, Erişim, 02.09.2015, <http://www.ipcc.ch/>

Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması Konusunda Kapasite Geliştirme Projesi, Eğitim notları, 23-24.09.2014, Ankara

Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması Konusunda Kapasite Geliştirme Projesi, Dr. Farız Daşdan, 11.09.2014, Ankara

## 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması Konusunda Kapasite Geliştirme Projesi, Thomas Mühlpointner, FutureCamp Climate, 2014, Ankara  
Sera Gazlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, Erişim, 29.08.2015,  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/05/20140517-3.htm>

Sera Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ,  
Erişim,30.08.2015,<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/07/20140722-5.htm>

TUBİTAK 107G126 Türkiye’de Avrupa Birliği Çevre Mevzuatı ile Uyumlu Tehlikeli Atık Yönetimi Projesi, Sektörel Tehlikeli Atık Rehberleri, Demir Çelik Sanayi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Atık Yönetimi Daire Başkanlığı, 2013